

Table des matières

Préface	v
Introduction	xiii
1 Le modèle standard de la physique des particules	1
1.1 Forces, champs de matière et paramètres du modèle standard . . .	1
1.2 Les paramètres du modèle standard et leur influence sur notre vie quotidienne	10
1.3 Symétries externes, symétries internes	12
1.4 L'invariance de jauge et les forces fondamentales	14
1.5 Quand la symétrie se brise spontanément : le mécanisme de Brout-Englert-Higgs	17
1.6 L'unification électrofaible et le modèle de Glashow-Weinberg-Salam	23
1.7 Théorie de Dirac et antiparticules	27
1.8 La brisure de la symétrie matière-antimatière	30
1.9 Théorie quantique des champs et corrections virtuelles	32
1.10 Les constantes de couplages varient	36
2 Le succès expérimental du modèle standard	41
2.1 Les débuts de la physique des particules expérimentale	41
2.2 Les premiers succès	45
2.3 La découverte des bosons W et Z au Sp \bar{p} S	48
2.4 Le LEP et la consolidation du modèle standard	53
2.5 La violation de CP	58
3 Ce que le modèle standard n'explique pas	61
3.1 De la matière invisible : la matière noire	63
3.2 Une énergie répulsive : l'énergie noire	65
3.3 Asymétrie entre matière et antimatière baryonique	66

3.4	Absence de brisure de symétrie entre matière et antimatière dans l'interaction forte	68
3.5	Les masses des neutrinos	69
3.6	La gravitation	70
3.7	Le boson de Higgs est trop léger	72
3.8	D'où vient le potentiel de Higgs ?	75
4	Quelle forme pourrait avoir la nouvelle physique ?	77
4.1	La supersymétrie et l'extension supersymétrique du modèle standard	77
4.2	L'unification des forces électrofaible et forte	83
4.3	Des dimensions cachées dans l'Univers ?	87
5	Retour vers le big bang	93
5.1	La fuite des galaxies	94
5.2	Le rayonnement cosmologique micro-onde	96
5.3	La nucléosynthèse primordiale des éléments légers	97
5.4	L'Univers est en expansion accélérée	99
5.5	Le big bang, la physique des particules et le LHC	104
6	Le LHC	109
6.1	Historique des techniques d'accélération	109
6.2	Les collisionneurs hadroniques	115
6.3	Le lancement du LHC	120
6.4	Le long chemin vers le démarrage du LHC	124
7	Qu'est-ce qu'un détecteur de particules ?	135
7.1	Bref rappel des techniques de détection des particules	135
7.2	Conception générale d'un détecteur auprès d'un collisionneur	140
8	Les expériences ATLAS et CMS	147
8.1	Les proto-collaborations EAGLE, ASCOT, L3P et CMS	147
8.2	L'expérience CMS (<i>Compact Muon Spectrometer</i>)	151
8.3	L'expérience ATLAS (<i>A Toroidal LHC ApparatuS</i>)	161
8.4	Le système de déclenchement et d'acquisition d'ATLAS et de CMS	170
8.5	Comment s'organisent les grandes collaborations en physique des particules ?	171

9	Le démarrage du LHC et les premières données	177
9.1	Un démarrage prometteur	177
9.2	L'incident du 19 septembre 2008	179
9.3	Les premières collisions	181
10	L'analyse des données	189
10.1	Qu'est-ce que l'analyse des données?	190
10.2	Les défis de l'informatique et les analyses sur la grille	205
11	Le boson de Higgs : recherche et découverte	213
11.1	Le temps du LEP	213
11.2	Le temps du Tevatron	217
11.3	La recherche du Higgs au LHC	222
11.4	La découverte	226
11.5	L'étude des propriétés du nouveau boson	234
11.6	Le prix Nobel	237
12	À la recherche de la nouvelle physique	241
12.1	L'étude du quark top	241
12.2	Insaisissable supersymétrie	247
12.3	Des signes de grande unification?	255
12.4	Où sont donc les dimensions spatiales supplémentaires?	260
12.5	Des trous noirs au LHC?	262
13	Les expériences LHCb et ALICE	265
13.1	La physique du quark <i>b</i> et le détecteur LHCb	265
13.2	La physique des ions lourds avec le détecteur ALICE	273
14	Le futur	279
14.1	Le LHC et ses détecteurs dans la décennie à venir	280
14.2	Les objectifs de physique	281
14.3	Au-delà du LHC	290
15	Conclusion	299
	Unités de longueur, de temps et de masse-énergie avec les ordres de grandeurs correspondants	303
	Bibliographie	305
	Index	311